Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería, Vol. 2, 2, 149-164 (1986)

DIMENSIONAMIENTO OPTIMO Y AUTOMATICO DE TRAZADOS PLANOS

JUAN JOSE SENDRA SALAS
Profesor titular de Construcciones Arquitectónicas de la E.T.S.A. de Sevilla

RESUMEN

Se presenta en este trabajo un procedimiento automático para dimensionamiento óptimo por ordenador de trazados de esquemas de distribución de edificios en planta.

SUMMARY

In this paper an automatic procedure for optimal design of two dimensional building distribution plans is presented.

INTRODUCCION

El trabajo que aquí desarrollamos pretende servir de aportación a las formulaciones teóricas necesarias para la revisión de la utilidad del ordenador en el diseño arquitectónico.

Se centrará en la búsqueda de un procedimiento automático para el dimensionamiento óptimo de trazados de esquemas de distribución de edificios en planta a partir de diversas condiciones, unas derivadas de la propia naturaleza de los trazados planos adimensionales, y otras, de características bien diferentes, impuestas por el diseñador. Tanto los espacios componentes y el propio contorno del trazado en planta resultante, ya dimensionado, tendrán forma rectangular.

OPTIMIZACION DIMENSIONAL DE TRAZADOS PLANOS DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Trabajos e investigaciones realizados hasta la fecha

La mayoría de los investigadores tratan el problema del dimensionamiento de trazados en planta como un problema de optimización: Krejcirik[8] Mitchell, Steadman y Liggett[10] Mitchell[11] Earl y March[4] Scarano[14] y Flemming[5-6] están entre ellos.

La formulación general de un problema de optimización viene dada por el establecimiento de una función-objetivo y unas restricciones a cumplir por las variables que en ella intervienen. En los casos que nos ocupan, estas variables son esencialmente la longitud y anchura de cada uno de los espacios, y el contorno del conjunto. Casi todos

Recibido: Mayo 1985

ISSN 0213-1315

los investigadores trabajan con esquemas rectangulares y contorno asimismo rectangular; a lo sumo, introducen el concepto de "rectángulo ficticio" para poder emplear también espacios con planta en *T*, en *L*, o en *U*, etc., y contorno general de similares características.

Para el dimensionamiento de esquemas se han establecido diferentes tipos de funciones objetivo, los más usuales minimizan las dimensiones del contorno del trazado en planta: su longitud o su anchura, su perímetro o su superficie. Unas funciones-objetivo serán, pues, lineales y otras no-lineales. En cuanto a las restricciones, un primer grupo lo constituyen las derivadas de la propia naturaleza del trazado en planta adimensional; un segundo tipo recogerá los requisitos de comunicación entre espacios; y un tercer y último grupo limitará, inferior o superiormente, la longitud, anchura y superficie de los espacios componentes y del contorno. Igualmente, todos estos requisitos pueden expresarse unos lineal y otros no-linealmente.

La naturaleza, lineal o no-lineal, de las funciones-objetivo y de las restricciones determinará el método de resolución a emplear en el dimensionamiento. A continuación se enumeran y describen los más comunes:

– Programación lineal.

  Es una técnica muy poderosa que garantiza una solución óptima con gran eficacia. Tanto la función-objetivo como las restricciones han de estar expresadas en forma lineal.

– Programación cuadrática.

  Técnica usada con menor frecuencia. Permite que, siendo lineales las restricciones a que deben de estar sujetas las variables, la función-objetivo pueda adoptar formar cuadrática.

– Programación no-lineal.

  Se aplica esta técnica cuando las restricciones como la función-objetivo pueden venir expresadas en forma no-lineal. Se han desarrollado varios métodos con esta técnica: algunos son rudimentarios y apropiados sólo en ciertos casos –por ejemplo, los métodos de linealización–; otros utilizan algoritmos más sofisticados y de mayor aplicabilidad.

– Programación dinámica.

  Se pueden resolver con esta técnica tanto problemas lineales como no-lineales. La solución final se alcanza mediante una secuencia de decisiones.

Hipótesis de trabajo y alternativa a dichas investigaciones

El procedimiento que proponemos para el dimensionamiento de trazados de distribuciones en planta se puede subdividir en las siguientes etapas:

1. Sustitución del trazado adimensional por dos grafos dirigidos, uno "horizontal" y otro "vertical".
2. Definición de las condiciones de accesibilidad entre locales.
3. Condiciones métrico-geométricas que deben cumplir los espacios componentes y el contorno.
4. Expresiones lineales o no-lineales correspondientes a todo tipo de requisitos.

5. Determinación de la función-objetivo.
6. Resolución del problema por programación lineal o no-lineal, según su naturaleza.

El proceso termina con el dibujo automático del esquema de distribución, ya dimensionado. El contorno y todos los espacios componentes tendrán forma rectangular.

Como puede observarse, se ha considerado la optimización como método idóneo para resolver el problema del dimensionamiento, y emplearemos la programación lineal y no-lineal como técnicas de resolución adecuadas a esa formulación. No aplicaremos, sin embargo, la programación dinámica, porque su utilidad depende en gran medida de la habilidad del usuario para descomponer la estructura del problema.

El procedimiento completo queda recogido en un programa en lenguaje FORTRAN IV para un ordenador Hewlett Packard de la serie 1000-M con un sistema operativo RTE-IVB. El programa, operando de forma interactiva, resuelve el problema del dimensionamiento óptimo de esquemas de distribución de edificios en planta a partir del trazado adimensional. Para ello, permite la realización automática de cada una de las operaciones necesarias para cumplimentar todas las etapas señaladas en dicho procedimiento, y dirige los intercambios de información entre ordenador y usuario, de forma que éste sólo interviene en el proceso cuando aquél se lo requiere.

ALGORITMOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO AUTOMATICO Y OPTIMO DE TRAZADOS PLANOS

En el apartado anterior queda someramente descrito el procedimiento a seguir para el dimensionamiento de trazados, y su subdivisión en distintas etapas. A continuación, entramos a detallar las operaciones y algoritmos que se desarrollan en cada una de ellas.

Sustitución del trazado plano adimensional por dos grafos dirigidos

El trazado plano adimensional se sustituye por dos grafos dirigidos, uno "vertical" y otro "horizontal".

Los vértices del grafo "vertical" representan a los segmentos verticales del trazado, que son cerramientos y particiones paralelos entre sí. Figura 1. La región exterior y los distintos locales son reemplazados cada uno por un arco. Dichos arcos estarán siempre orientados, para los locales, desde el vértice que suple al segmento vertical que limita al espacio por la izquierda, hacia el vértice que realiza las mismas funciones por la derecha. Para la región exterior, sin embargo, se adopta la orientación opuesta. Figura 1.

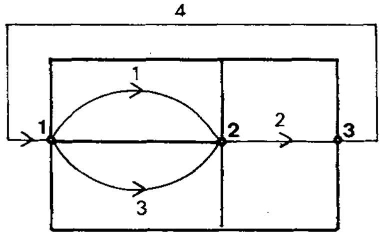


Fig. 1

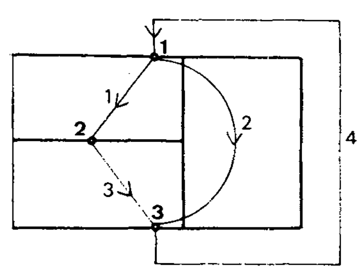


Fig. 2

Un procedimiento análogo se seguirá para la construcción del grafo "horizontal": se representarán por vértices los segmentos horizontales del trazado, se reemplazarán por arcos los locales y la región exterior, y se orientarán de arriba abajo los arcos que suplen a los locales, y en sentido contrario el que hace las veces de región exterior. Figura 2.

Cuando se desee que los límites de dos espacios adyacentes estén en prolongación, los segmentos verticales que los representan se identificarán por un único vértice en el grafo que proceda. Figura 3. Esto es especialmente importante a la hora de definir el contorno del trazado en planta. Figura 4.

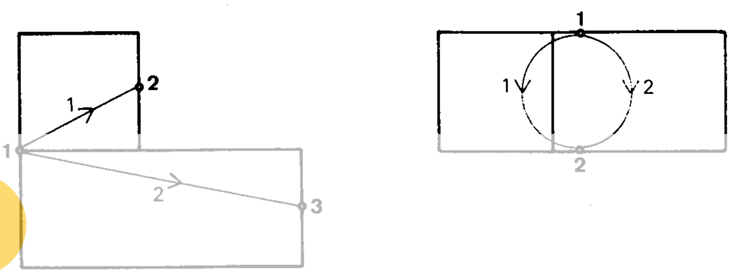


Fig. 3

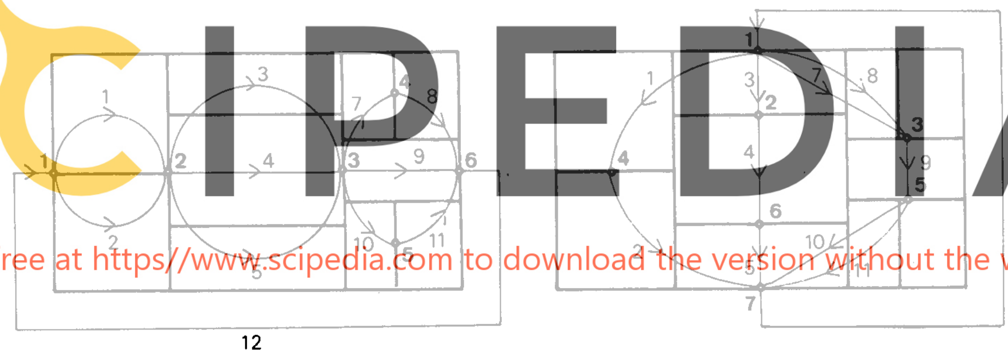


Fig. 4

Los dos grafos citados pueden no ser simples, por tener arcos paralelos o múltiples. Sí serán fuertemente conexos. Ambos grafos dirigidos vendrán definidos por su correspondiente matriz de incidencia B (b_{ij}), cuyas dimensiones son el número de arcos $|A|$ —igual en ambos grafos— y el número de vértices $|V|$ —distinto, en general, en los dos grafos. Sus términos serán: $b_{ij}=0$ si el arco **i** no incide en el vertice **j**, $b_{ij}=1$ si el vértice **j** es origen del arco **i**, y $b_{ij}=-1$ cuando el vértice **j** sea el extremo del arco **i**.

Definición de la matriz de adyacencia

Una de las relaciones que hay que definir para un problema de dimensionamiento es la de adyacencia entre locales, especialmente en cuanto sean relaciones de acceso. Se ha considerado que dos espacios pueden comunicarse entre sí cuando tienen al menos 1 m. de contorno común (hueco de paso).

Este concepto de adyacencia, entendido como accesibilidad, viene definido en la correspondiente matriz A (a_{ij}) de dimensión ($|A|$, $|A|$). Sus términos serán: $a_{ij}=0$ si no se establece comunicación entre los locales **i** y **j** y $a_{ij}=1$ en caso de que se establezca. Como el acceso es simétrico: $a_{ij}=a_{ji}$, y A (a_{ij}) será una matriz simétrica.

Restricciones métrico-geométricas

Las limitaciones más usuales que en la práctica se imponen a los locales de una distribución en planta suelen ser las dimensiones lineales y superficies, mínimas o máximas, que cada espacio deba tener.

Las dimensiones mínimas y máximas de los distintos locales y del perímetro de la planta son restricciones lineales. Si se introducen requisitos de superficies de los locales y del total del trazado en planta, las restricciones serán no-lineales.

Expresiones que traducen las restricciones

Como ya hemos mencionado con anterioridad, son tres los tipos de restricciones que limitan el problema de optimización dimensional del trazado en planta.

- Limitaciones dimensionales derivadas de la naturaleza del propio trazado.
- Relaciones de accesibilidad o comunicación entre espacios.
- Restricciones métrico-geométricas impuestas a los diversos locales y al contorno de la superficie en planta.

La naturaleza del trazado en planta, representado por los grafos dirigidos "vertical" y "horizontal", dará origen a una serie de requisitos dimensionales que se traducen en un sistema de ecuaciones lineales. Dichas ecuaciones se obtienen aplicando la primera ley de Kirchhoff para redes eléctricas a ambos grafos dirigidos. Como es sabido, por esta ley se puede establecer que, en cada nudo de la red, la suma algebraica de las intensidades de corriente concurrentes es nula. La aplicación de esta ley a los dos grafos nos permite afirmar que la suma de los valores dimensionales (longitud y anchura de los locales y del contorno) atribuidos a los arcos que se dirigen hacia un vértice es igual a la suma de los que parten de él. Figura 5.

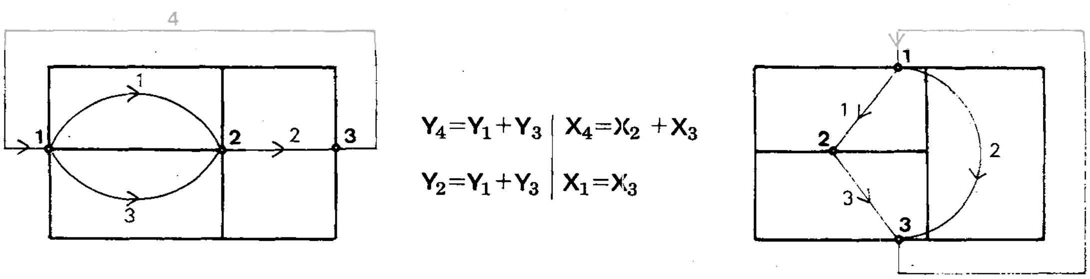


Fig. 5

De este modo, en el grafo "horizontal" se hará:

$$\mathbf{B}_1 \cdot \mathbf{X}^T = 0$$

donde $\mathbf{B}_1$ (b^1_{ij}) representa a la matriz obtenida transponiendo la de incidencia, a la que previamente se ha suprimido la última columna –combinación lineal de las demás–; y $\mathbf{X}$ es una matriz-fila, cuyos términos $X_1, X_2, \ldots, X_m$ indican las longitudes de cada local y del contorno.

Análogamente, en el grafo "vertical" se hará:

$$\mathbf{B_2} \cdot \mathbf{Y}^T = 0$$

siendo $\mathbf{B_2}$ (b''_{ij}) la matriz obtenida a partir de la de incidencia del grafo "vertical" por el mismo procedimiento que se siguió para $\mathbf{B_1}$; e $\mathbf{Y}$ es una matriz-fila cuyos términos son las anchuras de los locales y del contorno.

El siguiente tipo de restricciones lo constituyen las condiciones de accesibilidad entre locales. Las inecuaciones lineales que expresan dichos requisitos se elaboran para el grafo "vertical" u "horizontal", según la posición relativa existente en el trazado de los dos locales entre los que se quiere establecer comunicación. Sólo aparecerá esta limitación, pues, si los arcos que representan a dichos espacios en el grafo dirigido correspondiente, son concurrentes en un mismo vértice **w**, incidiendo uno por el exterior y otro por el interior (término positivo y negativo, respectivamente, en la matriz de incidencia).

Si denominamos local **i** a aquél cuyo centro geométrico en el trazado en planta(*) tiene mayor ordenada que el de otro local **j** con el que se quiere establecer acceso, este requisito se refleja, en el grafo "horizontal", si se verifican las dos inecuaciones siguientes:

$$X_i + \Sigma X_{SUP\,i} - \Sigma X_{SUP\,j} \geqslant 1$$

$$X_j - \Sigma X_{SUP\,i} + \Sigma X_{SUP\,j} \geqslant 1$$

donde X_i, X_j indican las longitudes de los locales **i** y **j**; y $\Sigma X_{SUP\,i}$, $\Sigma X_{SUP\,j}$ quieren significar las longitudes de dos grandes espacios que engloban a un conjunto de locales. Dichos locales se caracterizan por estar representados por arcos que inciden por el interior sobre el vértice **w**, y sus centros geométricos tienen abcisa mayor que la del local **i** ($\Sigma X_{SUP\,i}$), o inciden por el exterior sobre el mismo vértice, y sus centros geométricos tienen abcisa mayor que la del local **j** ($\Sigma X_{SUP\,j}$) Figura 6.

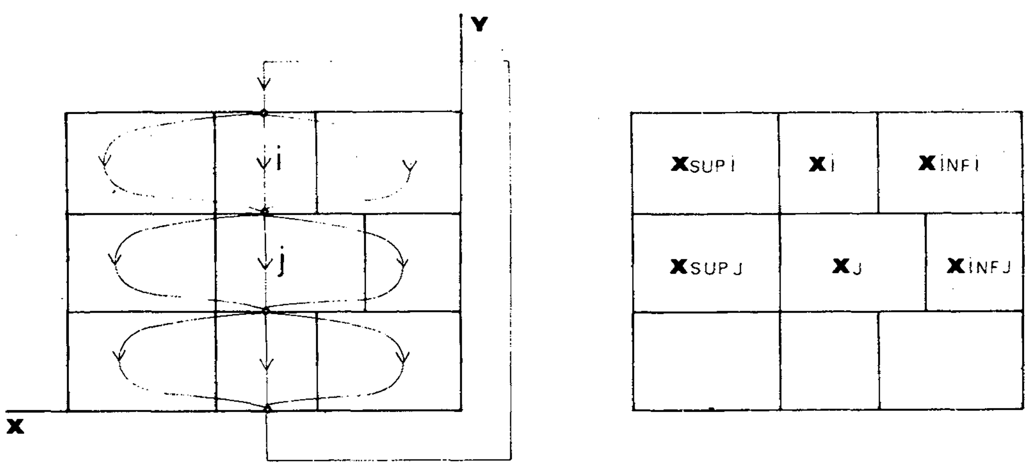


Fig. 6

(*) Citar la abcisa u ordenada del centro geométrico de un local en el trazado en planta adimensional no supone un contrasentido, pues sólo servirá para situar 'relativamente' unos espacios respecto de otros.

El término independiente **1** indica la anchura del hueco de paso mínimo.(*) Estas mismas restricciones elaboradas en el grafo "vertical" para dos locales **i** y **j**, siendo **i** aquél local cuyo centro geométrico tiene mayor abcisa que el de otro **j**, se expresarían análogamente:

$$Y_i + \Sigma Y_{SUPi} - \Sigma Y_{SUPj} \geqslant 1$$

$$Y_j - \Sigma Y_{SUPi} + \Sigma Y_{SUPj} \geqslant 1$$

donde Y_i, Y_j indican las anchuras de los locales **i** y **j**; y ΣY_{SUPi}, ΣY_{SUPj} son las anchuras de dos grandes espacios que comprenden a un conjunto de locales. Dichos locales se caracterizan por estar representados pòr arcos que inciden por el interior sobre el vértice **w**, y sus centros geométricos tienen ordenada mayor que la del local **i** (ΣY_{SUPi}), o inciden por el exterior sobre el mismo vértice, y sus centros geométricos tienen ordenada mayor que la del local **j** (ΣX_{SUPj}). Figura 7

En un trazado en planta de espacios y contorno rectangulares, estas inecuaciones reflejan siempre las condiciones de accesibilidad entre dos locales. En efecto, podemos entender la primera expresión, para el grafo "horizontal", considerando sólo dos grandes espacios: uno el que comprende al local **i** y al denominado **SUPi**, y otro el **SUPj**. Figura 8.a. con la segunda inecuación, en el mismo grafo, contemplemos la otra posibilidad: uno que hemos llamado **SUPi**, y otro que engloba al local **j** y a **SUPj**. Figura 8.b.

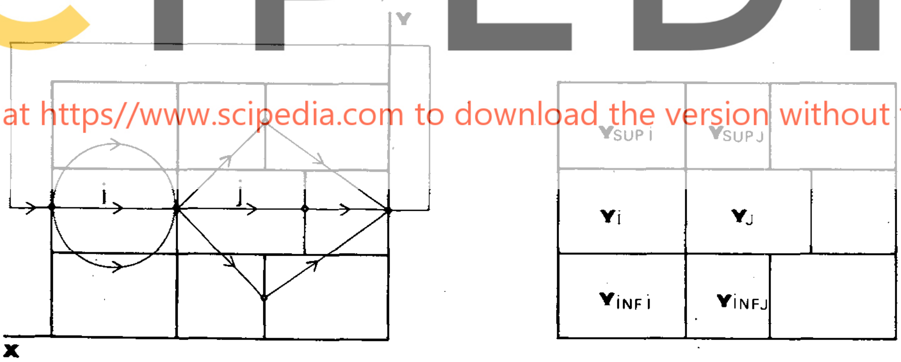


Fig. 7

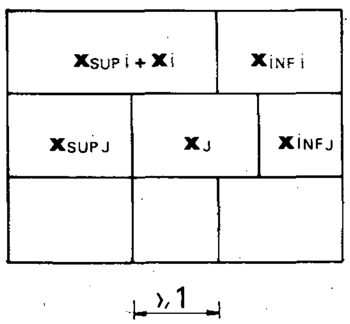


Fig. 8.a

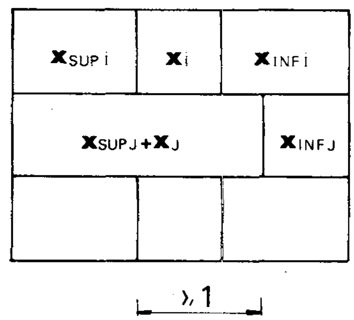


Fig. 8.b

(*) Si se emplea como término independiente **1**, las longitudes y anchuras de los locales y del contorno vendrán dadas en metros.

La misma lectura puede hacerse, de forma análoga, en el grafo "vertical". Estas incidencias pueden formularse de distinta forma ya que, para el grafo "horizontal" (Figura 8), se cumple:

$$X_i + \Sigma X_{SUPi} = L - \Sigma X_{INFi} \quad => \quad \Sigma X_{SUPi} = L - X_i - \Sigma X_{INFi}$$

$$X_j + \Sigma X_{SUPj} = L - \Sigma X_{INFj} \quad => \quad \Sigma X_{SUPj} = L - X_j - \Sigma X_{INFj}$$

donde L indica la longitud del contorno del trazado en planta, y ΣX_{INFi}, ΣX_{INFj} tienen el mismo significado que ΣX_{SUPi} y ΣX_{SUPj}, respectivamente, pero los centros geométricos de los espacios que engloban tienen abcisa menor, y no mayor, que la del local **i** (ΣX_{INFi}) y la del local **j** (ΣX_{INFj}).

Sustituyendo los valores de ΣX_{SUPi} y ΣX_{SUPj} en las inecuaciones que, para el grafo "horizontal", reflejan los requisitos de comunicación de los espacios **i** y **j**, se obtendría:

$$X_i + L - X_i - \Sigma X_{INFi} - L + X_j + X_{INFj} = X_j - \Sigma X_{INFi} + \Sigma X_{INFj} \geqslant 1$$

$$X_i + L - X_j - \Sigma X_{INFj} - L + X_i + X_{INFi} = X_i - \Sigma X_{INFj} + \Sigma X_{INFi} \geqslant 1$$

Igualmente podríamos expresar estas inecuaciones para el otro grafo dirigido. Unas y otras, como puede observarse, son similares.

El tercer y último tipo de restricciones corresponde a limitaciones dimensionales y de superficie impuestas a los locales y al contorno del trazado en planta. Podemos clasificarlas así:

a) Restricciones para el problema lineal.

– Acotación superior e inferior de las variables longitud y anchura de los locales y del contorno:

$$A_i \geqslant X_i \geqslant A'_i \qquad\qquad i = 1, 2, \ldots, m \; ; \; m = |A|$$

$$B_i \geqslant Y_i \geqslant B'_i$$

Si alguna variable no está acotada inferiormente se le asignará un valor mínimo igual a 1 m.

b) Restricciones para el problema no-lineal.

– Acotación inferior de la longitud y anchura de cada local y del contorno:

$$X_i \geqslant l_i \qquad\qquad i = 1, 2, \ldots, m$$

$$Y_i \geqslant l'_i$$

En realidad estas inecuaciones pretenden fijar las dimensiones mínimas de locales y del contorno, sólo que dicho valor, si se quiere, puede ser distinto en una dirección que en otra.

Al igual que en el caso anterior, si una variable no está limitada inferiormente, se le asignará un valor mínimo.

– Acotación inferior de la superficie de locales y contorno:

$$X_i \cdot Y_i \geq S_i \qquad i = 1, 2, \ldots, m$$

Todas las restricciones impuestas, lineales y no-lineales, figurarán en una matriz de restricciones de dimensión ($|R|$, $2 \cdot |A|$). Donde $|R|$ indica el número de restricciones y $|A|$ representa el número de locales más uno (correspondiente al contorno).

Los términos independientes de cada una de las limitaciones y su tipo (*) se localizarán en sendas matrices-columna.

Naturaleza y costes de la función-objetivo

La optimización dimensional se lleva a cabo con las siguientes funciones-objetivo:

a) Funciones-objetivo lineales:

– Minimizar la longitud y anchura –X_m – del contorno del trazado en planta.

– Con una longitud o anchura del contorno determinada, obtener estas mismas variables para cada uno de los locales. Para ello, se ha de fijar la importancia "relativa" que se le da al tamaño de cada uno de los espacios que componen el trazado. La expresión de esta función-objetivo será:

$$\min \sum_{i=1}^{m-1} C_i \cdot X_i$$

donde X_i representa la longitud o anchura de los locales exclusivamente; y el coste C_i indica la importancia "relativa" del local i. Por tratarse de un problema de minimización, al coste se le asignará un valor negativo.

b) Funciones-objetivo no-lineales:

– Minimizar la superficie –$X_m \cdot Y_m$ – del contorno del trazado en planta.

– Con una longitud y anchura del contorno determinada –y por tanto una superficie fija– calcular esas mismas variables para todos y cada uno de los espacios, según la importancia "relativa" que se confiere a su superficie dentro del trazado. La formulación de esta función-objetivo adopta la forma:

$$\min \sum_{i=1}^{m-1} C_i X_i \cdot Y_i$$

donde X_i, Y_i representan la longitud y anchura de los locales, respectivamente, y el coste C_i tiene una lectura similar a la explicada en la función-objetivo lineal.

(*) El tipo de una restricción se refiere a su forma de expresión, según se trate de ecuación o inecuación y, dentro de esta última, si es del género mayor o igual; o menor o igual.

Resolución del problema por los métodos de programación

El dimensionamiento, tal como ha sido expuesto, es un problema de programación, donde se busca un resultado óptimo y cuya estructura general consta de una función-objetivo sujeta a una serie de restricciones.

Al ser siempre expresiones lineales las derivadas de aplicar la primera ley de Kirchhoff a los dos grafos dirigidos, y las que reflejan la accesibilidad entre espacios, la linealidad o no-linealidad del problema vendrá dada por el tipo de función-objetivo que se elija y por las limitaciones métrico-geométricas que se impongan.

Según la naturaleza de la función-objetivo y de las restricciones se han dispuesto para la resolución del problema de dimensionamiento los dos métodos siguientes:

a) Programación lineal:

Su estructura general será:

Min. $\mathbf{C} \cdot \mathbf{X}^T$

s.a. $\mathbf{A} \cdot \mathbf{X}^T = 0$ .... (1.ª ley de Kirchhoff)

$\mathbf{B} \cdot \mathbf{X}^T \geqslant 1$ .... (accesibilidad)

$d_i \geqslant X_i \geqslant e_i \quad i = 1, 2, \ldots, m$ .... (métrico-geométricas)

$(X_m = l)$ .... (sólo si la función-objetivo es del segundo tipo mencionado)(*)

Para la resolución del problema de programación lineal se ha utilizado un algoritmo clásico conocido con el nombre de "simplex". Aplicándolo, se obtendrá la longitud variable en una dirección - independiente de la anchura - variable en la dirección ortogonal - de cada local y del contorno.

b) Programación no-lineal:

Su estructura general será:

$$\text{Min} \quad \sum_{i=1}^{m} C_i \cdot X_i \cdot Y_i$$

s.a. $\mathbf{A} \cdot \mathbf{X}^T = 0$, $\mathbf{A}' \cdot \mathbf{Y}^T = 0$ .... (1.ª ley de Kirchhoff)

$\mathbf{B} \cdot \mathbf{X}^T \geqslant 1$, $\mathbf{B}' \cdot \mathbf{Y}^T \geqslant l$ .... (accesibilidad)

$X_i \geqslant d_i$, $Y_i \geqslant d_i \quad i = 1, 2, \ldots, m$ .... (métrico-geométricas)

(*) Esta restricción se ha colocado entre paréntesis para indicar este hecho.

$X_i \cdot Y_i \geqslant S_i$ $\quad i = 1, 2, \ldots, m$ . . (métrico-geométricas)

$(X_m = l)$

. . . . (sólo si la función-objetivo es del segundo tipo mencionado)

$(Y_m = l')$

Para la resolución del problema no-lineal se ha utilizado el algoritmo de Polak-Ribière[12] que se sirve del método de los gradientes conjugados para minimizar funciones no-lineales, no necesariamente convexas, con penalización de la función objetivo tanto exterior como interiormente. Este algoritmo supone una mejora del tradicional debido a Fletcher-Reeves.

Aplicando este método de resolución se obtienen las dos variables –longitud y anchura–, para cada local y el contorno, conjuntamente.

Para encajar aún más los valores obtenidos por este último método –ya que después el trazador gráfico o "plotter" dibujará la distribución en planta dimensionada– se procede a linealizar el problema y poder aplicar así un algoritmo más potente, como el "simplex", que garantice mejores resultados. Un problema de programación no-lineal se transforma así en dos problemas de programación lineal, uno para cada dirección.

Para linealizar las restricciones se dispone como cotas inferiores de las variables (requisitos métrico-geométricos lineales) los valores obtenidos por el procedimiento de Polak-Ribière.

Las restricciones no-lineales serán satisfechas entonces y, por tanto pueden ser eliminadas. Las demás limitaciones todas ellas lineales, permanecen inalterables.

Para linealizar la función-objetivo, simplemente se desdoble ésta en dos: minimización en una dirección y en la dirección ortogonal. Esta operación sólo tiene sentido con una modificación de las restricciones como la que hemos señalado. La estructura general de los dos problemas quedaría así:

Min	$\mathbf{C}\mathbf{X}^T$	Min	$\mathbf{C}\mathbf{Y}^T$
s.a.	$\mathbf{A}\mathbf{X}^T = 0$	s.a.	$\mathbf{A}'\mathbf{Y}^T = 0$
	$\mathbf{B}\mathbf{X}^T \geqslant 1$		$\mathbf{B}'\mathbf{Y}^T \geqslant 1$
	$X_i \geqslant X_i^o,\ i = 1, 2, \ldots, m$		$Y_i \geqslant Y_i^o,\ i = 1, 2, \ldots, m$
	$(X_m = l)$		$(Y_m = l')$

Los resultados obtenidos por este encaje serán muy similares a los obtenidos con anterioridad, pero permitirán una representación más exacta del trazado en planta, ya dimensionado.

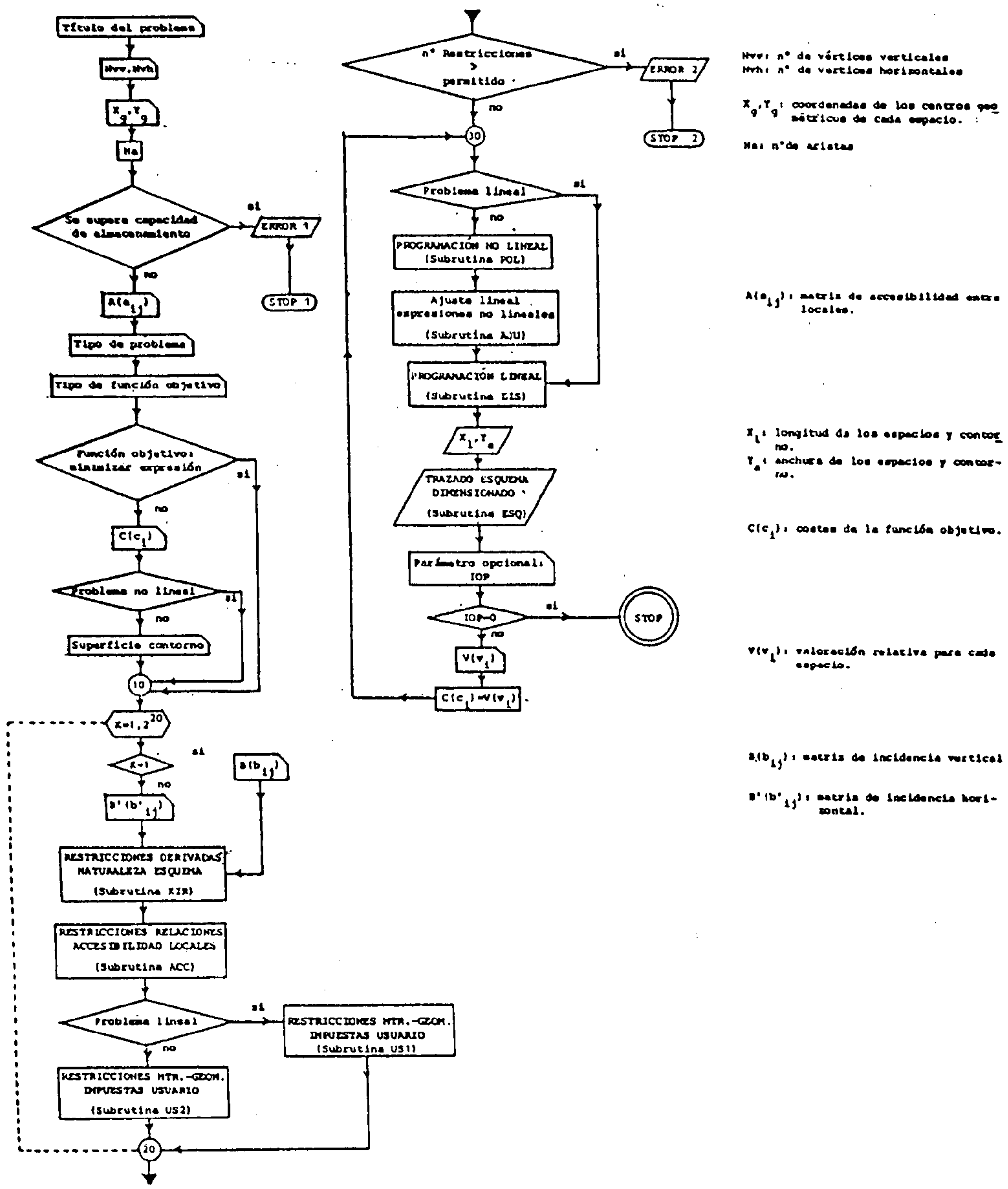
Las dos funciones-objetivo que se han formulado, tanto en el problema lineal como en el no-lineal, puede emplearse consecutivamente en un proceso único de dimensionamiento. Se trataría de determinar, utilizando la primera función-objetivo en uno u otro problema, la longitud y anchura del contorno del trazado en planta y después, con unas dimensiones ya fijas del mismo, servirse de la segunda función-objetivo para ajustar las dimensiones de los distintos locales que conforman la distribución en planta, con arreglo a la importancia "relativa" que se atribuye a sus dimensiones.

El procedimiento para la optimización termina, en cualquier caso, con el dibujo automático en el "plotter" del trazado en planta.

PROGRAMA DE ORDENADOR

Se presenta a continuación el organigrama general del programa que se ha realizado y puesto a punto para ejecutar el procedimiento de dimensionamiento descrito. Se incluye asimismo uno de los ejemplos que se han implementado utilizando dicho programa.

Organigrama general



Ejemplos

```
MENSAJE :IED: TITULA EL PROBLEMA

EJEMPLO 1 (DIMENSIONADO)
**********************************************************************

MENSAJE :IED: NUMERO DE VERTICES VERIICALES Y HORIZONTALES

NUMERO DE VERTICES VERTICALES      6
NUMERO DE VERTICES HORIZONTALES    6

MENSAJE :IED: COORDENADAS DEL CENTRO GEOMETRICO DE LOS ESPACIOS

                   SE HARA A PARTIR DEL ESQUEMA ADIMENSIONAL,DAMOS UNAS DIMENSIONES
                   ARBITRARIAS A CADA ESPACIO. ESTOS SE NUMERARAN A PARTIR DEL 5
                   AL FINAL DE LA LISTA INTRODUCE: 0

ESP     XG     YG
---     --     --
  5    8.00   11.00
  6    7.50    8.00
  7    3.00    9.00
  8    9.50    7.00
  9    9.50    9.00
 10    5.00    4.50
 11    2.00    5.00
 12    2.00    2.00
 13    8.00    3.00
 14    8.00    2.00
 15    4.50    1.50
 16    5.50    1.50

MENSAJE :IED:  CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD ENTRE LOCALES

                  SE FIJA UN LOCAL Y SE INDICA CUALES DEBEN SER ACCESIBLES A EL.
                  AL FINAL DE LA LISTA INTRODUCE: 0

 L   L1   L2   L3   L4   L5
 -   --   --   --   --   --
 6    9    8
10    7   11   12   14   13
 5    6    7

MENSAJE :IED: TIPO DE PROBLEMA: 1 .. LINEAL  2 .  NO LINEAL

PROBLEMA NO LINEAL

MENSAJE :IED: TIPO DE FUNCION OBJETIVO:

                 PROBLEMA LINEAL     ..   .. MINIMIZACION DE LA LONGI    Y ANCHURA
                                             MINIMIZACION DE UNA EXPRE   ON
                 PROBLEMA NO LINEAL  ..      MINIMIZACION DE LA SUPERF   IE
                                             MINIMIZACION DE UNA EXPRE   ON
```

FUNCION OBJETIVO: MINIMIZACION DE LA SUPERFICIE

MENSAJE (IED): MATRIZ DE INCIDENCIA VERTICAL

LA NUMERACION DE LOS ESPACIOS SE HARA A PARTIR DEL
LA ARISTA QUE REPRESENTA AL CONTORNO SE NUMERARA EL

SE RECOGEN AQUI LOS REQUISITOS METRICO-GEOMETRICOS
LOS DATOS SE DAN EN EL SIGUIENTE ORDEN:
- ARISTA
- VERTICE ORIGEN
- VERTICE EXTREMO
- COTA INFERIOR DE LA ANCHURA
- COTA INFERIOR DE LA SUPERFICIE

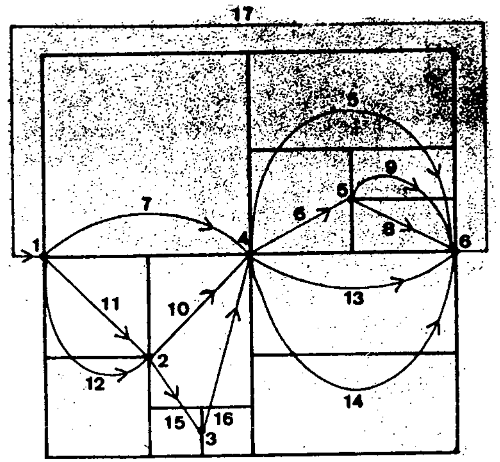
A	VO	VE	CI	CI
5	4	6	1.1	1.5
6	4	5	2.0	6.0
7	1	4	3.0	12.0
8	5	6	1.0	0.0
9	5	6	1.0	0.0
10	2	4	1.0	0.0
11	1	2	1.5	0.0
12	1	2	3.0	10.5
13	4	6	2.0	6.0
14	4	6	3.0	10.5
15	2	3	.7	0.0
16	3	4	.7	0.0
17	6	1	0.0	0.0

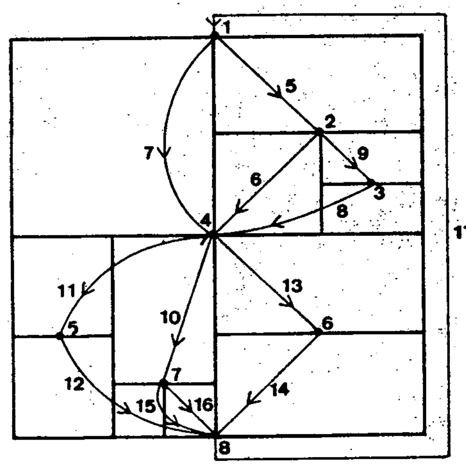
MENSAJE (IED): MATRIZ DE INCIDENCIA HORIZONTAL

IGUAL CRITERIO DE NUMERACION QUE EN LA VERTICAL

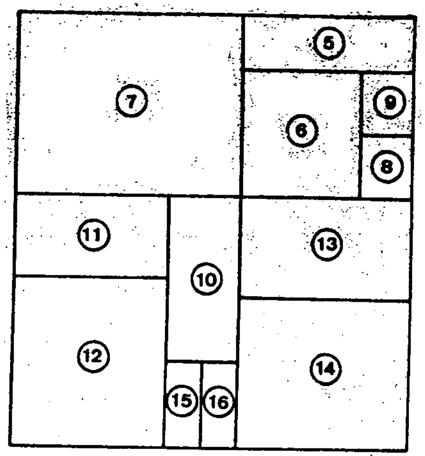
SE RECOGEN AQUI LOS REQUISITOS METRICO-GEOMETRICOS.
LOS DATOS SE DAN EN EL SIGUIENTE ORDEN:
- ARISTA
- VERTICE ORIGEN
- VERTICE EXTREMO
- COTA INFERIOR DE LA LONGITUD

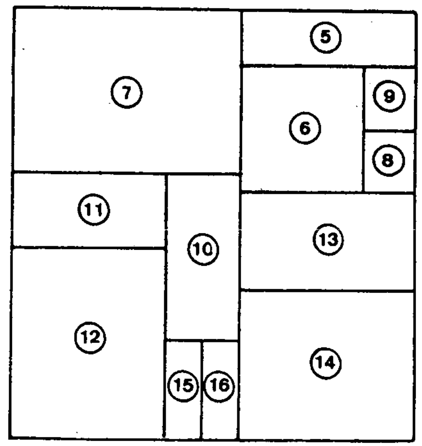
A	VO	VE	CI
5	1	2	1.1
6	2	4	2.0
7	1	4	3.0
8	3	4	1.0
9	2	3	1.0
10	4	7	1.0
11	4	5	1.5
12	5	8	3.0
13	4	6	2.0
14	6	8	3.0
15	7	8	.7





```
16   7   9   2
17   8   4   9

-------- LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA ESPACIO Y EL CONTORNO SON: --------

X( 5)=  3.38   Y( 5)=  1.10
X( 6)=  2.38   Y( 6)=  2.50
X( 7)=  4.35   Y( 7)=  3.[illegible]
X( 8)=  [illegible]   Y( 8)=  1.[illegible]
X( 9)=  [illegible]   Y( 9)=  1.[illegible]
X(10)=  [illegible]   Y(10)=  3.[illegible]
X(11)=  3.00   Y(11)=  1.[illegible]
X(12)=  3.00   Y(12)=  3.[illegible]
X(13)=  3.33   Y(13)=  2.00
X(14)=  3.33   Y(14)=  3.00
X(15)=   .70   Y(15)=  1.72
X(16)=   .70   Y(16)=  1.72
X(17)=  7.73   Y(17)=  8.60

------------------------------------------------------------------------------

MENSAJE (:SR): SE DIBUJA EN EL PLOTTER

MENSAJE (:ED): SI SE DESEA AJUSTAR LOS RESULTADOS INTRODUCE: 1
               SI QUIERES TERMINAR ................. INTRODUCE: 0

MENSAJE (:ED): VALORACION RELATIVA PARA CADA ESPACIO.

               LOS VALORES ASIGNADOS SERAN PROPORCIONALES A LA IMPORTANCIA QUE
               SE ATRIBUYE A LA SUPERFICIE DE CADA ESPACIO

 V5  V6  V7  V8  V9 V10 V11 V12 V13 V14 V15 V16
 --  --  --  --  -- --- --- --- --- --- --- ---
1.0 5.0 8.0 1.0 1.0 1.0 3.0 9.0 9.0 9.0 5.0 5.0

-------- LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA CADA ESPACIO Y EL CONTORNO SON: --------

X( 5)=  3.38   Y( 5)=  1.10
X( 6)=  2.38   Y( 6)=  2.50
X( 7)=  4.35   Y( 7)=  3.28
X( 8)=  1.00   Y( 8)=  1.26
X( 9)=  1.00   Y( 9)=  1.24
X(10)=  1.40   Y(10)=  3.32
X(11)=  3.00   Y(11)=  1.50
X(12)=  3.00   Y(12)=  3.82
X(13)=  3.33   Y(13)=  2.00
X(14)=  3.33   Y(14)=  3.00
X(15)=   .70   Y(15)=  2.00
X(16)=   .70   Y(16)=  2.00
X(17)=   .73   Y(17)=  8.60

------------------------------------------------------------------------------
```





CONCLUSIONES

La posibilidad teórica de dimensionar de forma óptima esquemas de distribución de espacios ha sido el punto de partida de nuestro estudio, posibilidad formulada con anterioridad por diversos autores.

Tras el análisis riguroso de los procesos sugeridos por las investigaciones sobre el tema y su crítica en función de los objetivos, el trabajo que presentamos consiste, esencialmente, en la propuesta de un procedimiento de optimización dimensional de trazados en planta, completo y coherente, que emplea técnicas clásicas de la programación lineal y no-lineal, según la naturaleza del problema.

El método sólo es aplicable a trazados en planta donde, tanto los espacios componentes como el contorno, tengan forma rectangular.

Las condiciones de accesibilidad entre locales vienen expresadas por inecuaciones para cuya elaboración se propone un algoritmo nuevo. Los restantes requisitos o bien se formulan directamente o se establecen por algoritmos ya conocidos.

Se ha formulado también un procedimiento iterativo, basado en los estudios de Polak, para la resolución de problemas mediante programación no-lineal, que dimensiona eficazmente los esquemas de distribución, con ajuste posterior del mismo para conseguir así un trazado automático más exacto.

Con este trabajo pretendemos ofrecer una aportación a todas aquellas formulaciones destinadas a introducir el ordenador en el campo del diseño y, más concretamente, del diseño arquitectónico.

REFERENCIAS

1. P.R. Bryant, "Graph Theory and electrical networks". *En applications of graph theory,* (R.J. Wilson y L.W. Beineke ed.) Academic Press, Londres, pp. 17-57, (1979).
2. J. Cea, *Optimisation theorie et algorithmes,* Ed. Dunod, col. Méthodes Mathématiques de l'informatique, Vol. **2**, París, (1971).
3. C. Charalambous, "Non linear least pth. optimization and non linear programming" *En mathematical programming,* Vol. **12**, pp. 195-225, (1977).
4. C.F. Earl y L.J. March, "Architectural applications of graph theory". *En applications of graph theory,* (R.J. Wilson y L.W. Beineke ed.), Academic Press, Londres, pp. 327-355, (1979).
5. U. Flemming. "Wall representations of rectangular dissections and their use in automated space allocation". *En environment and planning B,* Vol. **5**, pp. 215-232, (1978).
6. U. Flemming, "Wall representations of rectangular dissections: additional results". *En environment and planning B,* Vol. **7**, pp. 247-251, (1980).
7. P.E. Gill, ed. al. *Practical optimization.* Academic Press, Londres, (1981).
8. M. Krejcirik, "Computer-aided plant layout". *En computer aided design,* pp. 7-19, otoño (1969).
9. J. Larrañeta, *Programación lineal y grafos.* Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, (1977).
10. W.J. Mitchell, ed. al. "Synthesis and optimization of small rectangular floor plans". *En environment and planning B,* Vol. **3**, pp. 37-70, (1976).
11. W.J. Mitchell, *Computer-aided architectural design,* Mason/Charter Publishers, Nueva York, (1977).
12. E. Polak, *Computational methods in optimization: A unified approach,* Academic Press, col. Mathematics in science and engineering, Vol. **77**, Londres, (1971).
13. S.S. Rao, *Optimization theory and applications,* Wiley Eastern Limited, Nueva Delhi, (1978).
14. R. Scarano, *Progettazione per ottimizzazione,* Liguori, editore, col. La società e la scienza, Vol. **6**, Nápoles, (1979).